

(19) JAPANESE PATENT OFFICE
(12) PATENT JOURNAL
(11) KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 11[1999]-258448

(43) Publication Date: September 24, 1999

(51) Int. Cl.⁶: G02B 6/24

6/00

Identification Code: 346

No. of Claims: 13 (Total of 8 pages; OL)

Examination Request: Not requested

(21) Application No.: Hei 10[1998]-62560

(22) Application Date: March 13, 1998

(71) Applicant: 000004226

Nippon Telegraph and Telephone Corp.
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Yoshiaki Takeuchi

Nippon Telegraph and Telephone Corp.
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Koichi Arishima

Nippon Telegraph and Telephone Corp.
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Mamori Hirayama

Nippon Telegraph and Telephone Corp.
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Masaru Kobayashi

Nippon Telegraph and Telephone Corp.
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Takushi Yoshida

Nippon Telegraph and Telephone Corp.
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Makoto Sumida

Nippon Telegraph and Telephone Corp.
3-19-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

(74) Agent: Toshiro Mitsuishi, patent attorney, and 2 others

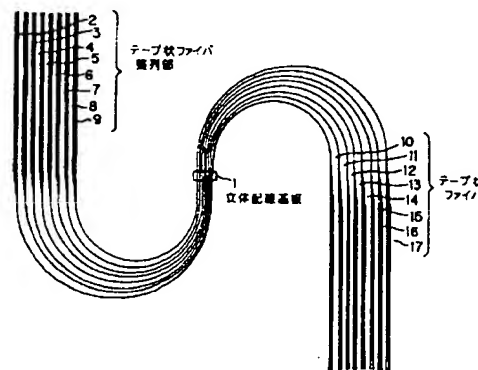
[There are no amendments to this patent.]

(54) OPTICAL INTERCONNECTING DEVICE AND MANUFACTURING METHOD OF THE SAME

(57) ABSTRACT

Purpose: The purpose of this invention is to provide a type of optical interconnecting device with an excellent manufacturing property, characteristics, and reliability, and at a low price.

Constitution: A type of optical interconnecting device characterized by the following facts: the optical interconnecting device has a structure in which multiple optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals; this optical interconnecting device has optical fiber aligning portions (2)-(17) in a bundle shape (including ribbon shaped) as well as optical fiber 3-D wiring portion (1) composed of 3-D wirings with said optical fibers crossing or overlapping each other.



CLAIMS

1. A type of optical interconnecting device characterized by the following facts: the optical interconnecting device has a structure in which multiple internal optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals; with this optical interconnecting device having optical fiber aligning portions in a bundle shape (including ribbon shaped), and an optical fiber 3-D wiring portion composed of 3-D wirings with said optical fibers crossing or overlapping each other.

2. The optical interconnecting device described in Claim 1, characterized by the fact that the substrate on which said 3-D wiring portion is formed has one or several opening paths or grooves for holding said optical fibers.

3. The optical interconnecting device described in Claim 2, characterized by the fact that each of said optical fibers in said substrate is at least locally fixed on the substrate.

4. The optical interconnecting device described in Claim 2 or 3, characterized by the fact that on said substrate, said optical fibers of the bending portion are not fixed on the substrate.

5. The optical interconnecting device described in Claim 2, 3, or 4, characterized by the fact that in said substrate's end, the optical fibers are divided into bundles (including ribbons), each of which contains one or several optical fibers; in each bundle, the optical fibers adhere to each other.

6. The optical interconnecting device described in Claim 1, 2, 3, 4, or 5, characterized by the fact that in said optical interconnecting device, single-mode optical fibers are used as said optical fibers.

7. A method for manufacturing an optical interconnecting device, characterized by the following facts: as a standard operation for manufacturing the optical interconnecting device having a structure in which multiple internal optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals, there are the following steps: a step in which a 3-D wiring substrate having one or several grooves is formed; a step in which optical fibers are laid in the aforementioned grooves, respectively, and are temporarily fixed on said 3-D wiring substrate; and a step in which an end surface treatment is performed for the optical fibers after said temporary fixing.

8. The method for manufacturing an optical interconnecting device described in Claim 7, characterized by the fact that it has a connecting mechanism installing step in which a connecting mechanism is installed into the optical fiber end after said end surface treatment step.

9. The method for manufacturing an optical interconnecting device described in Claim 7, characterized by the fact that it has a step in which a film is applied on said 3-D wiring substrate.

10. The method for manufacturing an optical interconnecting device described in Claim 7, characterized by the fact that it has a step in which said optical-fiber aligning portions are recoated.

11. The method for manufacturing an optical interconnecting device described in Claim 7, 8, 9, or 10, characterized by the fact that for said optical fiber for which said standard step or said connecting mechanism installing step comes to an end unsuccessfully, the optical fiber is removed from said substrate, and a new optical fiber is laid on said substrate.

12. A method for manufacturing an optical interconnecting device, characterized by the following facts: in the method for manufacturing the optical interconnecting device having a structure in which multiple internal optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals, after standby optical fibers are laid on a 3-D wiring substrate having one or several grooves, an optical fiber end surface treatment is performed and, as needed, the connecting mechanism of the optical fiber end is installed; and when said processing fails, with said standby optical fibers laid on the 3-D wiring substrate being used to complete said processing.

13. The method for manufacturing an optical interconnecting device described in Claim 11 or 12, characterized by the following facts: in the method for manufacturing the 3-D wiring substrate of said optical interconnecting device having a structure in which multiple internal optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals, first of all, a mold of the substrate is prepared, with the mold being used to form a 3-D wiring substrate.

DETAILED EXPLANATION OF THE INVENTION

[0001]

TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION

This invention pertains to a type of optical interconnecting device and its manufacturing method. More specifically, this invention pertains to a type of optical interconnecting device that can be used in connecting optical elements, packages, devices, etc., in an area in which optical signals are used.

[0002]

PRIOR ART

In the prior art, optical fibers are used in performing inter-device wiring within devices of optical transmission paths and at short distances. In recent years, with upgrades in optical transmission, wiring for optical transmission has become complicated, and various problems arise with respect to the manufacturing property, high density property, maintenance property, etc. In order to solve these problems, as described in Japanese Patent No. 2574611, etc., a type of optical interconnecting device has been proposed. An example of such an optical interconnecting device is illustrated in Figure 8.

[0003]

In this optical interconnecting device, there is flexible substrate (010) that has multiple tabs (012)-(017) extended from main body (011); at the same time, multiple optical fibers (020)-(024) are mounted on said substrate (010) such that their ends protrude from the ends of tabs (012)-(017). Figure 9 is a diagram illustrating an application example of this optical interconnecting device in an optical interconnecting system.

[0004]

In this optical interconnecting system, there are multiple circuit packages (040). Each circuit package (040) has printed circuit board (041) and multiple semiconductor members (042)-(044) set on one or both principal surfaces of the printed circuit board. Optical connection among different circuit packages (040) and optical connection between circuit packages (040) and other devices can be easily performed with optical interconnecting device (10).

[0005]

PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE INVENTION

However, for the aforementioned optical interconnecting device and its system, the conventional electrical interconnecting device and its manufacturing method are simply adopted for light beams. With respect to the constitution and method of wiring of optical fibers, it is still in the primary stage, and the specific features of optical fibers are not exploited. Optical fibers are weaker to bending than copper wires. For example, when an optical fiber is kept bent with a radius of 3 cm or smaller, the transmission loss rises.

[0006]

Consequently, it is necessary to maintain the bending radius of curvature of the optical fibers in the optical interconnecting device at a larger level than the prescribed value. Also,

characteristics of optical fibers affect the manufacturing property. When an optical fiber is bent at a radius of curvature as small as that for a copper wire, or when a high load is applied on the optical fiber, the optical fiber may be broken, the clad may be damaged, or the strength may decrease. Consequently, for the optical interconnecting device, it is necessary to have a radius of curvature of the optical fibers that is larger than the prescribed value, and no excessive load should be applied on the optical fibers in the manufacturing process. Consequently, the manufacturing property is much worse than that for an electrical connecting device.

[0007]

Also, as an optical line, optical fibers are amenable to changes in dimensions due to changes in temperature of the optical interconnecting device. Consequently, when the overall optical fibers are adhered and fixed to an optical interconnecting device, the change in dimensions due to a change in temperature of the optical interconnecting device is much larger than that due to changes in the optical fibers. In particular, when the temperature falls, the optical interconnecting device undergoes significant shrinkage. Consequently, the so-called micro-bend phenomenon takes place. As a result, the overall optical fibers bend at small pitches in the optical interconnecting device, leading to an optical transmission loss.

[0008]

In addition, for an optical interconnecting device, it is necessary to perform connection of optical parts, etc., at the optical connecting portions at the two ends. More specifically, it is necessary to make use of optical connectors, mechanical splice, fusion, and other connecting parts (treatments). In order to perform such a treatment, a total excess length of a few cm to over 10 cm is needed. However, in the conventional optical interconnecting device, such an excess length is insufficient in the structure, and optical fibers are adhered to the substrate until near the tip.

[0009]

Consequently, for the treatment of terminals of optical fibers, special technologies and special connectors are needed. This is undesired. For the conventional optical interconnecting device, because the optical fibers fixed on the substrate have a large length, the length of the optical fibers for making independent movement of the various optical fiber bundles corresponding to individual optical connectors, etc., formed at the ends of the optical interconnecting device cannot be large. As a result, the freedom in pulling the optical connectors, etc., is limited, and the operation becomes very hard to perform.

[0010]

Also, at present, in the assembly treatment, fusion splicing, etc., of optical connectors, there is a certain proportion of failures. Consequently, when there are a large number of optical fibers contained in the optical interconnecting device, defects take place at a high probability in the stage of installation of the optical connectors in the optical interconnecting device. Consequently, there is a demand for the development of an optical interconnecting device and its manufacturing method, with a structure that can cover up any failure in the treatment of the optical end surfaces.

[0011]

Japanese Patent No. 2574611 described a method for repairing the defective optical fibers. In this method, repair is performed after completion of the wiring of optical fibers in the optical interconnecting device. It is designed only as an emergency treatment method, instead of a method for repairing defects in the structure and the manufacturing method, and it has many disadvantages. For example, there is certain limit to the level of repair. Also, after repair, the shape becomes different from the original form. The defective optical fibers still remain in the substrate. The thickness of the substrate becomes larger. Also, the optical fibers used in repair are prone to bending. It is thus impossible to use this method to recover the structure present before the repair work.

[0012]

Also, basically, optical interconnecting devices are manufactured in many types, each having a small quantity. Although the length may be over 1 m for some types of optical interconnecting devices used between boards, optical interconnecting devices usually cannot be manufactured using an apparatus similar to that for manufacturing electrical interconnecting devices. The large apparatus used for manufacturing electrical interconnecting devices is inappropriate for manufacturing optical interconnecting devices. Consequently, there is a demand for the development of a manufacturing method and manufacturing apparatus that can meet the diversified demands in manufacturing and that require no bulky equipment.

[0013]

There is another proposal for the optical interconnecting device (Ericsson Review, Vol. 72, No. 2 (1995)). However, this optical interconnecting device has the same structure, and the same problems, as those of the aforementioned patent. For the aforementioned conventional optical interconnecting devices and their manufacturing methods, there are problems pertaining to structure, manufacturing properties, scale of the device, connection operability, compatibility

of optical fibers, method for the treatment of tips of optical fibers, connection workability, etc. Consequently, there is a demand for solving said problems.

[0014]

Also, in the aforementioned proposals, a pre-condition is the use of multi-mode optical fibers. Because multi-mode optical fibers have required conditions that are relaxed as compared with the single-mode optical fibers, the conventional structures can be used in some practical applications. Consequently, improvement in this respect is especially important for the optical interconnecting device using single-mode optical fibers. The purpose of this invention is to solve the aforementioned problems of the conventional methods by providing a type of optical interconnecting device with excellent manufacturing properties, characteristics, and reliability, and with a low price.

[0015]

MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS

This invention provides a type of optical interconnecting device characterized by the following facts: the optical interconnecting device has a structure in which multiple internal optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals; this optical interconnecting device has optical-fiber aligning portions in a bundle shape (including ribbon shaped), and an optical fiber 3-D wiring portion composed of 3-D wirings with said optical fibers crossing or overlapping each other. Also, said optical interconnecting device has the following feature: the substrate in which said 3-D wiring portion is formed has one or several opening paths or grooves for holding said optical fibers. Besides, the optical interconnecting device has the following feature: each of said optical fibers in said substrate is at least locally fixed on the substrate.

[0016]

Also, this optical interconnecting device has the following feature: on said substrate, said optical fibers of the bending portion are not fixed on the substrate. In addition, this optical interconnecting device has the following feature: in said substrate end, the optical fibers are divided into bundles (including ribbons), each of which contains one or several optical fibers; in each bundle, the optical fibers adhere to each other. Besides, this optical interconnecting device has the following feature: in said optical interconnecting device, single-mode optical fibers are used.

[0017]

This invention also provides a method for manufacturing an optical interconnecting device characterized by the following facts: as a standard operation for manufacturing the optical interconnecting device having a structure in which multiple internal optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals, there are the following steps: a step in which a 3-D wiring substrate having one or several grooves is formed; a step in which optical fibers are laid in the aforementioned grooves, respectively, and are temporarily fixed on said 3-D wiring substrate; and a step in which an end surface treatment is performed for the optical fibers after said temporary fixing. This method also has the following feature: it has a connecting mechanism installing step in which a connecting mechanism is installed in the optical fiber end after said end surface treatment step. In addition, this method has the following feature: it has a step in which a film is applied on said 3-D wiring substrate. Besides, this method has the following feature: it has a step in which said optical-fiber aligning portions are recoated.

[0018]

Also, this method has the following feature: for said optical fiber for which said standard step or said connecting mechanism installing step come to an end unsuccessfully, the optical fiber is removed from said substrate, then a new optical fiber is laid on said substrate. In addition, this invention provides a method for manufacturing an optical interconnecting device characterized by the following facts: in the method for manufacturing the optical interconnecting device having a structure in which multiple internal optical fibers are connected in different configurations at the input and output terminals, after standby optical fibers are laid on a 3-D wiring substrate having one or several grooves, an optical fiber end surface treatment is performed and, as needed, the connecting mechanism of the optical fiber end is installed; when said processing fails, said standby optical fibers laid on the 3-D wiring substrate are used to complete said processing. This method for manufacturing the 3-D wiring substrate of said optical interconnecting device has the following feature: first of all, a mold of the substrate is prepared, then the mold is used to form a 3-D wiring substrate.

[0019]

EMBODIMENT OF THE INVENTION

The disadvantages of the aforementioned conventional optical interconnecting device are due to the fact that the entire optical fibers used in interconnection are set adhered to a flexible substrate. On the other hand, the invention of this patent application is characterized by the fact that the optical fiber-path setting function is localized in the "3-D wiring portion", while the remaining portion is taken as the "optical fiber aligning portions", for which the flexibility and

free-moving ability characteristic of the optical fibers are exploited so that the optical interconnection can be simplified.

[0020]

Also, the “main body” and “tab” described in said Japanese Patent No. 2574611 are concepts that are different from the “optical fiber aligning portions” and “optical fiber 3-D wiring portion”. The “main body” in said Japanese Patent No. 257461 refers to a structure that integrates the entirety of the “optical fiber 3-D wiring portion” and a portion of the “optical fiber aligning portions” in the specification of this patent application. It is a much broader concept than the “optical fiber crossing portion” in the specification of this patent application.

[0021]

“Tab” is only an extension of the “main body”, and a portion of the role of the “optical fiber aligning portions” is displayed by the tab and the optical fiber tip protruding from the tab in this structure. However, it is not a structure of the “optical fiber aligning portions” in the specification of this patent application that solves problems pertaining to the treatment of tips of optical fibers, workability in connection, etc., into consideration. In the structure of the specification of this patent application, there is no “tab”. Consequently, said patent and this patent application are significantly different from each other with respect to the structure and manufacturing method. In the following, this invention will be explained in detail with reference to embodiments illustrated by figures. However, the application examples to be presented below are merely examples of this invention, and they do not limit the range of this invention by any means.

[0022]

APPLICATION EXAMPLE 1

Figure 1 is a diagram illustrating the optical interconnecting device in Application Example 1 of this invention. In this example, the optical interconnecting device has a structure for the interconnection of 8x8 optical fibers. The optical fibers used in this case are standard coated UV single-mode optical fibers with an outer diameter of 250 μm . (1) represents a 3-D wiring substrate; (2)-(17) represent 8-core ribbon shaped fiber aligning portions, respectively. Figure 2 is a diagram illustrating the structure of 3-D wiring substrate (1). 3-D wiring substrate (1) is prepared by forming a PET (polyethylene terephthalate) plate, with a length of 5 mm, width of 3 mm, and height of 2.5 mm.

[0023]

On 3-D wiring substrate (1), 8 grooves measuring 2 mm in depth and 0.24 mm in width are formed. Optical fibers are inserted in the grooves. After 8-core MT connectors are formed on the two ends of the optical fibers, the optical fibers are temporarily fixed on substrate (1) with an adhesive. The optical fibers on the two sides are recoated to form a ribbon. For left/right ribbon-shaped optical fiber aligning portions (2)-(17), on the left side, the 8 optical fiber bundles aligned longitudinally form a ribbon, and, on the right side, the 8 optical fiber bundles aligned laterally form a ribbon. By means of this structure, 8x8 interconnection is realized.

[0024]

In this application example, the optical fibers fixed on 3-D wiring substrate (1) have a length of merely about 3 mm. Consequently, there is no way to generate micro-bends due to variations in temperature, and no bending force acts on the portions other than the ribbon portion. Consequently, there is no way to have a higher loss. Compared with ribbons of optical fibers, there is no degradation of the reliability and characteristics. Also, because the length of the optical fibers are exploited to a great extent, it is easy to perform an insertion/pulling operation for the connectors. In addition, the freedom with respect to the optical fiber length becomes larger in manufacturing, and there are few restrictions pertaining to length. As a result, this structure has a wide range of applications, ranging from wiring within a board to wiring in a building.

[0025]

APPLICATION EXAMPLE 2

Figure 3 is a diagram illustrating the 3-D wiring substrate of the optical interconnecting device in Application Example 2 of this invention. In this application example, 3-D wiring substrate (18) prepared by forming PET and having the same function as 3-D wiring substrate (1) in Application Example 1 is used. It measures 6 mm in length, 16 mm in width, and 3 mm in height.

[0026]

In this application example, the structure has 8 optical fiber bundles formed as a ribbon on both the right side and left side, and space (19) is set in the substrate. In said space (19), optical fibers cross each other. Consequently, the crossed portions of optical fibers are not fixed on substrate (18). Instead, they are simply set in space (19). Consequently, this structure is free of bending and an increase in the side pressure due to variations in temperature.

[0027]

APPLICATION EXAMPLE 3

Figure 4 is a diagram illustrating the optical interconnecting device in Application Example 3 of this invention. In this example, the optical interconnecting device has a structure for the interconnection of 4x4 optical fibers. The optical fibers used in this case are standard coated UV single-mode optical fibers with an outer diameter of 250 μm ; (20) represents a 3-D wiring substrate; (21)-(28) represent 4-core ribbon-shaped fiber aligning portions, respectively; (29)-(44) represent optical fibers; and 3-D wiring substrate (20) measures 19 mm in length and 50 mm in width.

[0028]

The opening path for optical fibers in 3-D wiring substrate (20) is designed to ensure that the radius of curvature of the bending portion is 30 mm or larger, so as to prevent an increase in the loss of optical transmission. For the crossing of optical fibers, the structure provides dispersion so that three or more optical fibers do not cross at a single point. However, this structure for dispersion of cross points is not a necessity. Even when three or more optical fibers cross at a single point, there is still no problem.

[0029]

However, the structure with multiple optical fibers crossing at a single point in a concentrated manner is undesired because this structure may well lead to the bending and strain of optical fibers. If possible, dispersed crossing is preferred. For each of fiber aligning portions (21)-(28), a ribbon is formed from the four optical fibers by means of a recoater. Tips of the four optical fibers are aligned and polished. They are then installed in a housing of a multi-core connector to form a structure of the connector.

[0030]

Optical fibers of the necessary portion are loaded in a mold and, while the optical fibers are adhered to each other, recoating is performed. Consequently, one can form any planar bent structure as desired. However, the bending portion is not a necessity. Also, the length does not depend on the manufacturing device, and it may be set at will. Consequently, it can meet various demands on optical wiring between devices, etc. According to this invention, a characteristic feature of the structure made of the "3-D wiring portion" and "optical fiber aligning portions" of the optical interconnecting device is that the "3-D wiring substrate" has the minimum size and the effective length of the "optical fiber aligning portions" has the maximum limit within a limited substrate.

[0031]

Consequently, in the “3-D wiring substrate”, there is no large bending portion of the central angle, and the bending portion other than the cross portion is only for collection and dispersion of optical fibers. In this application example, the bending radius of the optical fibers in the cross portion in the “3-D wiring substrate” is designed to be 30 mm or larger, and the central angle of the fan-shaped bending portion is suppressed to about 30° or smaller. Consequently, if simple bending with a central angle of 90° is formed within the “3-D wiring substrate”, the width of the substrate occupied by the bent optical fibers becomes about 7.5-fold that of the existing one, and a large substrate is needed.

[0032]

On the contrary, even when the “optical fiber aligning portions” are set in a limited space, it is still possible to design it with the maximum length. Because the terminal units of the connectors, etc., are independent, it is favorable for the end surface treatment and installation of the connecting mechanism, and it is highly flexible. When the length is appropriately selected to give sufficient tolerance in taking measures when treatment of the end surface for attaching connectors fails, no problem takes place even when the length becomes a little smaller, and it is all right when repair is performed. The structure has excellent workability in the inserting/pulling of connectors.

[0033]

Figure 5 is a diagram illustrating the cross-sectional structure of 3-D wiring substrate (20). (45)-(60) represent the opening paths for optical fibers inside the wiring substrate, and (61) represents a film. 3-D wiring substrate (20) is made of PP (polypropylene). On a 0.4-mm-thick substrate, opening paths (45)-(60) are formed as grooves with a depth of 0.25 mm and width of 0.24 mm. Said 3-D wiring substrate (20) with grooves formed on it is manufactured by injection molding using a mold prepared beforehand.

[0034]

Coated optical fibers with an outer diameter of 250 μm are fit in said grooves. As a result, no stress is applied on the core and clad of the optical fibers, and there is no change in the optical transmission characteristics at all. In this case, the optical fibers that cross each other at the cross point of optical fibers bulge above the 3-D wiring substrate. However, this does not lead to separation of the optical fibers. One may apply a film on it to fix the optical fibers, and there is no problem.

[0035]

The end surfaces of the optical fibers are then aligned and treated by polishing. In this case, as optical fibers are merely fit in 3-D wiring substrate (20), when the end surface treatment fails, one may simply pull out the corresponding optical fiber and fit a new optical fiber in place of it in 3-D wiring substrate (20), followed by an end surface treatment again. In addition, 3-D wiring substrate (20) may have a structure that allows the setting of optical fibers beforehand. In case of a failure of the end surface treatment or the like, one may make use of a standby optical fiber preset on 3-D wiring substrate (20) to complete the treatment.

[0036]

In this way, after completion of the end surface treatment, an adhesive PET film (with a thickness of about 50 μm) is bonded on the surface of 3-D wiring substrate (20). Afterwards, the optical fibers in the aligning portions are recoated. The optical interconnecting device then has connectors installed on the ends of the optical fibers. The optical connectors described in Japanese Patent Application No. Hei 7[1995]-260213 are used. In this case, one may also perform recoating after installation of the connectors.

[0037]

Also, depending on the structure of the connectors, one may install the connectors before bonding the adhesive film on the surface of the 3-D wiring substrate. In this case, after completion of the connectors, the film is bonded on the 3-D wiring substrate, then the optical fibers in the aligning portions are recoated. Because the 3-D wiring substrate has a thickness of about 0.4 mm and has a certain degree of flexibility, it can be fixed on a curved part. However, excessive bending may lead to degradation of the optical characteristics and poor reliability.

[0038]

Of course, the optical fiber aligning portions are flexible. Consequently, for the length of the optical fiber aligning portions, even when the optical interconnecting device is applied in a limited space, such as when it is mounted in a printed circuit wiring board, there is still a certain degree of freedom, and it is possible to take measures when the optical fibers become shorter due to mistakes in the end surface treatment of optical fibers. Also, it facilitates turning when the connectors are mounted/removed. These are advantages. A measurement was conducted on the optical characteristics of this optical interconnecting device, and it was found that an increase in the transmission loss within the single-mode transmission wavelength is within the measurement

error (0.01 dB). In addition, a temperature cycle test (-10 to 65°C) was carried out, and no increase in the transmission loss was observed in this case.

[0039]

It is believed that the lack of an increase in the loss in the temperature cycle test is due to the fact that the optical interconnecting device has a structure with the 3-D wiring substrate and optical fiber aligning portions being separated from each other, and because the size of the 3-D wiring substrate is minimized. The structure of the optical fiber aligning portions is the same as that of the conventional ribbon-shaped coated optical fibers. This portion does not affect the results of the temperature cycle test. In this case, there is also the advantage that the optical fiber aligning portions can be designed to the maximum limit length within the limited space.

[0040]

APPLICATION EXAMPLE 4

Figure 6 is a diagram illustrating the optical interconnecting device in Application Example 4 of this invention. In this application example, the 4x4 wiring structure has optical fibers, two of them as a unit, in the opening paths in the 3-D wiring substrate. 3-D wiring substrate (62) has a size of 12 mm in length, 40 mm in width, and 0.7 mm in thickness.

[0041]

Figure 7 is a cross-sectional view illustrating the structure of 3-D wiring substrate (62). Optical fiber feed-in grooves (63)-(70) of 3-D wiring substrate (62) have a depth of 0.5 mm and are in a structure that allows two optical fibers to be led in longitudinally. In the groove near the cross point, only one optical fiber can pass. Consequently, even when two optical fibers overlap each other at the cross point, there is still no optical fiber bulging above the substrate. Also, except for the end of the substrate, the grooves on the 3-D wiring substrate are formed slightly larger than the outer diameter of the optical fibers. No adhesive film is applied for covering the optical fibers in the grooves. Instead, an adhesive is used to fix the substrate and film.

[0042]

In this application example, only the two ends of the optical fibers are locally fixed. Consequently, the internal optical fiber wiring has a loose structure, so that the influence of the stretching strain of the substrate is significantly relaxed. For the ends of the optical fibers in this optical interconnection, in order to perform fusion connection in units of 4 coated optical fibers, the tips of the recoated optical fibers in units of 4 coated optical fibers are aligned and cut. Measurement of the characteristics was conducted after optical fibers are fused to this optical

interconnecting device, and it was found that both the basic characteristics and the heat cycle characteristics are highly stable.

[0043]

In the application examples of this invention, an explanation has been made for the 8x8 configuration and 4x4 configuration. However, the wiring structure is not limited to them. Various structures other than those in said application examples may be adopted as well. For example, the 3-D wiring portion number is not limited to one. All of the optical fiber aligning portions are made of more than one optical fiber, and the number of the optical fibers is determined by the other party for connection. Consequently, the number is not limited to 4 or 8. The material of the 3-D wiring substrate is not limited to plastics. It may also be made of metals, ceramics, glasses, etc.

[0044]

It is not a necessity to form all of the optical fiber portions other than the 3-D wiring substrate in the aligning portions. One may align only the necessary portions. The method for aligning optical fibers is not limited to recoating. Also, in the aforementioned application examples, single-mode optical fibers are used. However, the same effects can be expected on multi-mode optical fibers. Also, the same effects can be expected of optical fibers other than the fused-silica-based optical fibers. In particular, plastic fibers and plastic substrates are highly compatible.

[0045]

EFFECTS OF THE INVENTION

As explained in the above, this invention provides a type of optical interconnecting device with the following advantages: it has a better manufacturing property than the conventional product; it does not require a large manufacturing apparatus; it is appropriate for the production of many types with a small quantity for each type; the structure has a high degree of freedom; there is little limit on size, etc.; it is highly flexible; end surface treatment of the optical fibers can be easily performed; optical fibers can be easily exchanged; mounting/removing operation is easy; the basic characteristics are excellent; the reliability is high; and the price is low.

BRIEF DESCRIPTION OF THE FIGURES

Figure 1 is a diagram illustrating the structure of the optical interconnecting device in Application Example 1 of this invention.

Figure 2 is a diagram illustrating the structure of the 3-D wiring substrate of the optical interconnecting device in Application Example 1 of this invention.

Figure 3 is a diagram illustrating the structure of the optical interconnecting device in Application Example 2 of this invention.

Figure 4 is a diagram illustrating the structure of the optical interconnecting device in Application Example 3 of this invention.

Figure 5 is a cross-sectional view taken across V-V in Figure 4.

Figure 6 is a diagram illustrating the structure of the optical interconnecting device in Application Example 4 of this invention.

Figure 7 is a cross-sectional view taken across VII-VII in Figure 6.

Figure 8 is a diagram illustrating the structure of the optical interconnecting device using optical fibers in the prior art.

Figure 9 is a diagram illustrating the structure of the optical interconnecting device in the prior art.

BRIEF DESCRIPTION OF PART NUMBERS

- 1 3-D wiring substrate
- 2-17 8-core optical fiber aligning portions
- 18 3-D wiring substrate
- 19 Space for crossing of optical fibers
- 20 3-D wiring substrate
- 21-28 4-core optical fiber aligning portions
- 29-44 Optical fiber
- 45-60 Opening paths for optical fibers
- 61 PET film
- 62 3-D wiring substrate
- 68-70 2-step-type opening paths for optical fibers

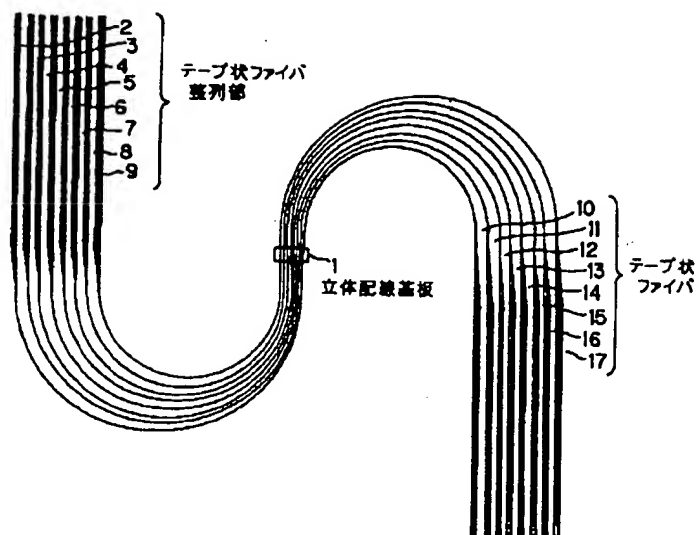


Figure 1

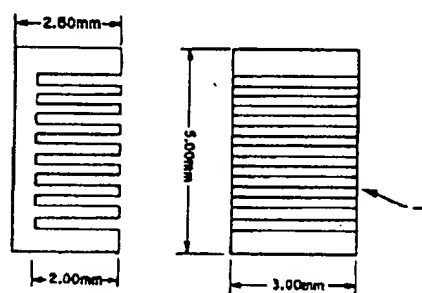


Figure 2

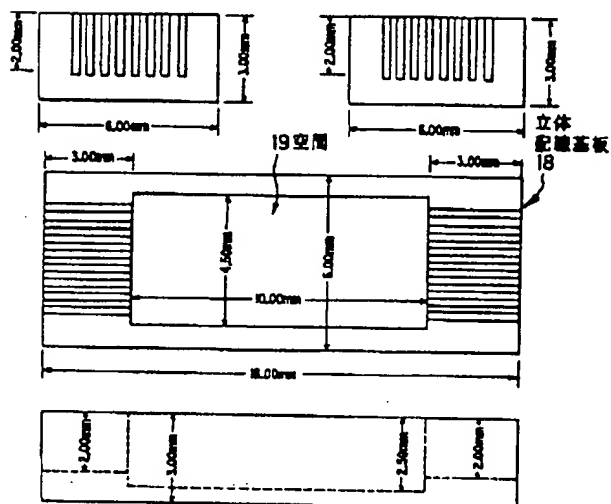


Figure 3

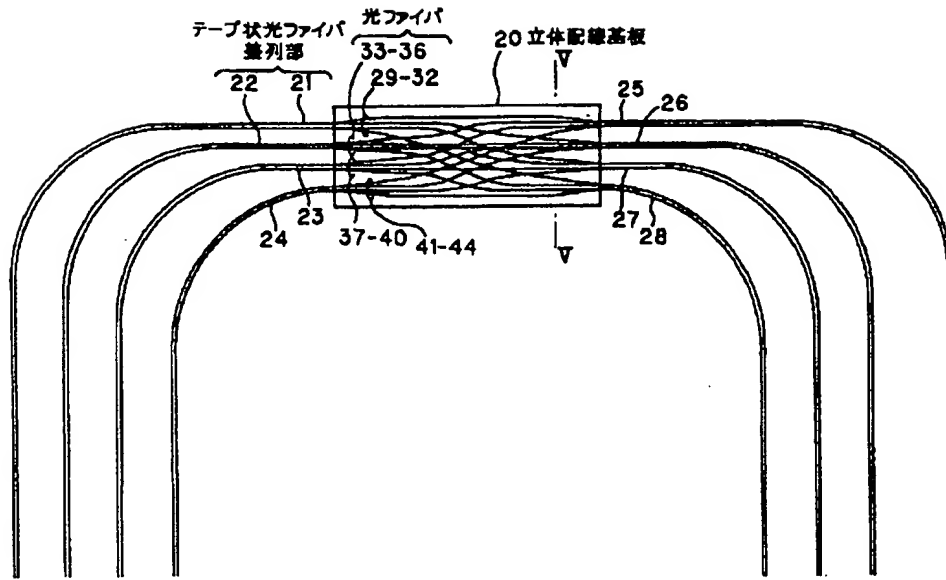


Figure 4

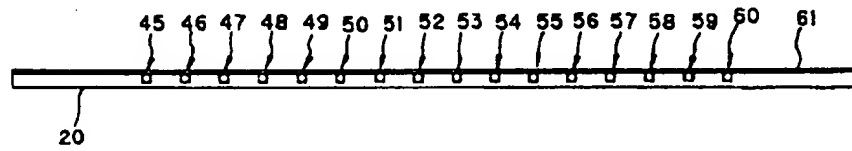


Figure 5

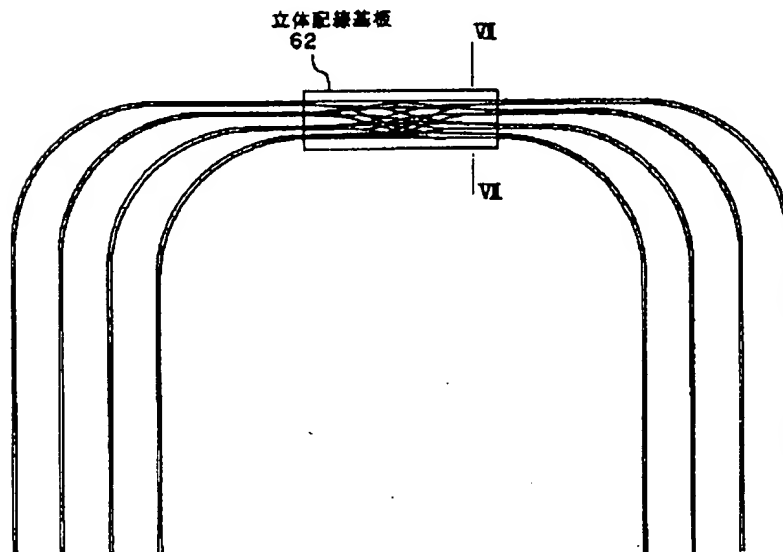


Figure 6

TRANSLATIONS

...the height of Excellence...

Japanese Patent No. 11[1999]-258448

Translated from Japanese into English
by Phoenix Translations Code No. 1-3423

2110-A WHITE HORSE TRAIL, AUSTIN, TX 78757 Phone: (512) 343-8389
Toll-free: 877-452-1348, Fax: (512) 343-6721, Email: phoenixtranslations@ev1.net

Customer P.O. No.: None given

特開平11-258448

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 2 B 6/24
6/00 3 4 6

F I
G 0 2 B 6/24
6/00 3 4 6

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-62560

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月13日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 竹内 善明

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 有島 功一

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 平山 守

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

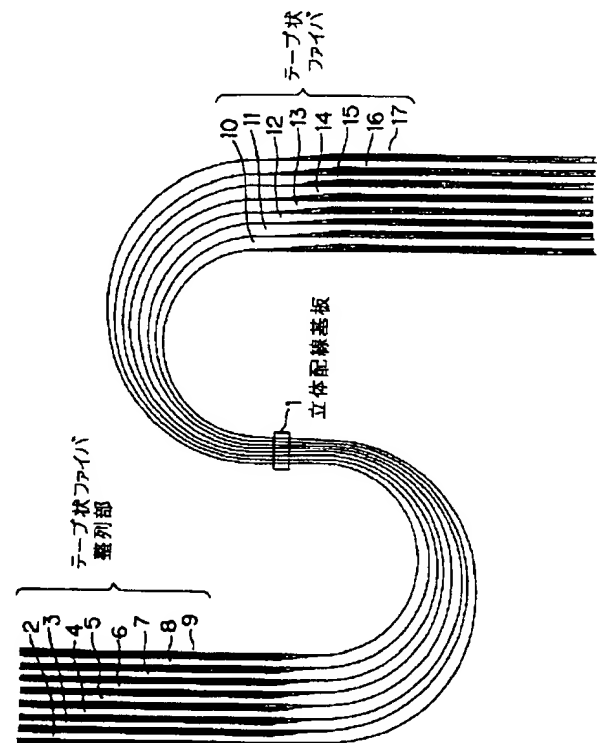
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光相互接続装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 製造性、特性及び信頼性に優れた光相互接続装置を安価に提供することにある。

【解決手段】 内在する複数の光ファイバが入出力端で互いに異なる配置で接続される構造を有して成る光相互接続装置において、該装置がテープ状を含む束状の光ファイバ整列部2～17と、前記光ファイバが交差や積み重ねにより立体的に配線されて成る光ファイバ立体配線部1とを形成していることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内在する複数の光ファイバが入出力端で互いに異なる配置で接続される構造を有して成る光相互接続装置において、該装置がテープ状を含む束状の光ファイバ整列部と、前記光ファイバが交差や積み重ねにより立体的に配線されて成る光ファイバ立体配線部とを形成していることを特徴とする光相互接続装置。

【請求項 2】 前記立体配線部を形成する基板が各々の前記光ファイバを保持する 1 つ以上の開口路又は溝を有していることを特徴とする請求項 1 記載の光相互接続装置。 10

【請求項 3】 前記基板内の各々の前記光ファイバが、少なくとも局所的に基板に固定されていることを特徴とする請求項 2 項記載の光相互接続装置。

【請求項 4】 前記基板において、屈曲部の前記光ファイバが基板に固定されていないことを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の光相互接続装置。

【請求項 5】 前記基板端部において、各々の光ファイバが 1 本以上の光ファイバから成るテープ状を含む束に分かれており、各々の束の光ファイバは互いに密着していることを特徴とする請求項 2、3 又は 4 記載の光相互接続装置。 20

【請求項 6】 前記光相互接続装置において、前記光ファイバとして単一モード光ファイバを用いることを特徴とする請求項第 1、2、3、4 又は 5 記載の光相互接続装置。

【請求項 7】 内在する複数の光ファイバが入出力端で互いに異なる配置で接続される構造を有して成る光相互接続装置を製造する標準工程として、1 つ以上の溝を有する立体配線基板を作成する工程と、前記溝に各々の光ファイバを配線して前記立体配線基板に仮固定する工程と、仮固定された後の光ファイバの端面処理を行う工程とを含むことを特徴とする光相互接続装置の製造方法。 30

【請求項 8】 前記端面処理工程を経た光ファイバ端部に接続機構を装着する接続機構装着工程を含むことを特徴とする請求項 7 記載の光相互接続装置の製造方法。

【請求項 9】 前記立体配線基板にフィルムを張る工程を含むことを特徴とする請求項 7 記載の光相互接続装置の製造方法。

【請求項 10】 前記光ファイバ整列部をリコートする工程を含むことを特徴とする請求項 7 記載の光相互接続装置の製造方法。 40

【請求項 11】 前記標準工程又は前記接続機構装着工程が不成功に終わった前記光ファイバについて、前記基板から外して新たな光ファイバを前記基板に配線し、これらの処理を完成させることを特徴とする請求項 7、8、9 又は 10 記載の光相互接続装置の製造方法。

【請求項 12】 内在する複数の光ファイバが入出力端で互いに異なる配置で接続される構造を有して成る光相互接続装置の製造方法として、1 つ以上の溝を有する立 50

体配線基板に予備の光ファイバを配線した後に、光ファイバの端面処理と必要な場合は光ファイバ端部の接続機構を装着を行い、これらの処理が失敗した場合に、前記立体配線基板に配線した予備の光ファイバを用いてこれらの処理を完成させることを特徴とする光相互接続装置の製造方法。

【請求項 13】 内在する複数の光ファイバが入出力端で互いに異なる配置で接続される構造を有して成る光相互接続装置の立体配線基板の製造方法として、まず、基板の型を作製し、該型を用いて立体配線基板を成形することを特徴とする請求項 11 又は 12 記載の光相互接続装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光相互接続装置及びその製造方法に関する。詳しくは、光信号を利用する分野において、光素子やパッケージ、装置等の接続に用いる光相互接続装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より光伝送路の装置内や近距離の装置間配線は光ファイバを用いて施されていた。近年、光伝送の高度化に伴い、それらの配線が複雑化し、製造性、高密度性、メンテナンス性等に問題が生じている。これらの問題を解決するために、特許第 2 5 7 4 6 1 1 号等に示されるように、光ファイバを用いた光相互接続装置が提案されている。例えば、その一例を図 8 に示す。

【0003】この光学相互接続装置は、本体部 0 1 1 から複数のタブ 0 1 2 ～ 0 1 7 を伸ばしたフレキシブルな基板 0 1 0 を備えると共に、この基板 0 1 0 に、その端部がタブ 0 1 2 ～ 0 1 7 の端部から突出するように、複数の光ファイバ 0 2 0 ～ 0 2 4 を取り付けただものである。また、この光学相互接続装置を一つの光学相互接続システムに適用した例を図 9 に示す。

【0004】この光学相互接続システムは、複数の回路パッケージ 0 4 0 を有し、各回路パッケージ 0 4 0 はプリント回路ボード 0 4 1 とその主表面の一方又は両方に配置された複数の半導体部品 0 4 2 ～ 0 4 4 を有する。回路パッケージ 0 4 0 間の光学接続と、回路パッケージ 0 4 0 と他の装置の光学接続は、光学相互接続装置 1 0 によって簡易に行おうとしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記光学相互接続装置及びそのシステムは、従来の電気相互接続装置及びその製造方法を光に応用したにすぎず、光ファイバを配線する構造、方法としては、初歩的なものに留まっており、光ファイバの特殊性を生かしたものとはなっていない。光ファイバは銅線と比較し曲げに弱く、例えば半径 3 cm 以下の曲率で保持することは伝送損失増加の原因となる。

【0006】従って、光相互接続装置内の光ファイバの曲げ曲率半径は一定以上に保持する必要がある。また、光ファイバの特性は製造性にも影響し、銅線のように小さな曲率半径で曲げたり、大きな負荷を光ファイバに加えたりすると、光ファイバの折れ、被覆の加傷、強度の低下等の原因になる。従って、光相互接続装置は光ファイバの曲率半径を一定以上にし、光ファイバに過大な負荷が加わらないように製造する必要が生じるため、生産性が電気接続装置の場合より大幅に悪くなる。

【0007】また、光ファイバは光線路として光相互接続装置の温度変化による寸法変化の影響を受けやすい。このため、光ファイバ全体が光相互接続装置基板に密着固定されている場合、一般的に光相互接続装置の温度変化による寸法変化は光ファイバの変化より桁違いに大きく、特に温度が低下した場合は光相互接続装置が大きく収縮するため、マイクロベンドと呼ばれる現象が生じ、光ファイバが光相互接続装置内全体で小さなピッチで曲げられ、光伝送損失が生じる原因となる。

【0008】更に、光相互接続装置の場合は両端の光接続部で光部品等に接続する必要がある。具体的には、光コネクタ、メカニカルスプライス、融着等の接続部品（処理）が必要となる。これらの処理をするためには、数cm〜10数cmの余長が必要となる。ところが、従来の光相互接続装置では構造的にこれらの余長が充分でなく、先端近くまで光ファイバが基板に密着された構造となっている。

【0009】従って、光ファイバの端末処理には特殊な技術、特殊なコネクタ等が必要となる欠点を有していた。従来の光相互接続装置は基板に固定されている光ファイバを長く取っているため、光接続装置端部に形成された個々の光コネクタ等に対応した各々の光ファイバ束が独立に動くための光ファイバ長が長く取れず、光コネクタ等の抜き差し動作の自由度がそれに制限され、非常に操作しにくくなる欠点を有していた。

【0010】また、光コネクタの組立処理や融着接続等にはある割合で必ず失敗が残るのが現状である。よって光相互接続装置に内蔵する光ファイバが多くなればそれに伴って、光相互接続装置に光コネクタを取り付ける段階で、不良が大きな確率で生じることになる。従って、光端面処理の失敗を補う構造を持った光相互接続装置及びその製造方法が望まれている。

【0011】特許第2574611号には、欠陥ファイバの補修方法が開示されているが、これは光相互接続装置内の光ファイバの配線を完成させた後に修復するものであり、応急処置としての対応であって、その構造や製造法上で欠陥ファイバの補修に対応したものではなく、補修には限界があるほか、修復により原形を変えることになり、欠陥ファイバが基板内に残る、基板の厚さが増える、修復用光ファイバに曲がりが生じやすい等の欠点を多々有しており、修復前の構造を再現することは不可

能である。

【0012】また、光相互接続装置は基本的には少量多品種であり、ボード間に使用する光相互接続装置の場合はその長さが1mを越える場合があるが、電気相互接続装置の製造装置のような装置では対処しきれないことが生じる。電気相互接続装置の製造装置のような大がかりな装置は光相互接続装置の場合には必ずしも適切な装置でなく、製造にフレキシブルに対応できる、大がかりな装置を必要としない製造方法及び装置が望まれている。

【0013】この他にも光相互接続装置の提案があるが（Ericsson Review Vol.72 No.2(1995)）、これは前述の特許と同様な構造を持ち、同様な問題点を持つ。このように従来の光相互接続装置及びその製造方法では、構造、製造性、装置規模、接続作業性、光ファイバの可換性、光ファイバの先端処理への対応、接続時の操作性等で、光相互接続装置としては未熟な点が残る、それらの対応が望まれている。

【0014】また、上述のような従来の提案は多モード光ファイバの使用を前提とした物である。多モード光ファイバの場合は単一モード光ファイバと比較し、要求条件が緩和されるため、従来の構造であっても実用性を見いたすことができた。従って、これらの点の改善は単一モード光ファイバを用いた光相互接続装置に於いて特に重要となる。本発明は、かかる事情に鑑みなされたものであり、その目的は製造性、特性及び信頼性に優れた光相互接続装置を安価に提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、内在する複数の光ファイバが入出力端で互いに異なる配置で接続される構造を有して成る光相互接続装置において、該装置がテープ状を含む束状の光ファイバ整列部と光ファイバが交差や積み重ねにより立体的に配線されて成る光ファイバ立体配線部とを形成していることを特徴とする。また、前記光相互接続装置において、該立体配線部を形成する基板が各々の光ファイバを保持する1つ以上の開口路又は溝を有していることを特徴とする。また、前記基板内の各々の光ファイバが、少なくとも局所的に基板に固定されていることを特徴とする。

【0016】また、前記基板において、屈曲部の前記光ファイバが基板に固定されていないことを特徴とする。また、前記基板端部において、前記光ファイバが1本以上の光ファイバから成るテープ状を含む束に分かれており、各々の束の光ファイバは互いに密着していることを特徴とする。また、前記光相互接続装置において、前記光ファイバとして単一モード光ファイバを用いることを特徴とする。

【0017】光相互接続装置を製造する標準工程として、1つ以上の溝を有する前記基板を作成する工程と、前記溝に各々の光ファイバを配線して前記基板に仮固定する工程と、仮固定された光ファイバの端面処理を行う

工程とを含むことを特徴とする。また、前記端面処理工程を経た光ファイバ端部に接続機構を装着する接続機構装着工程を含むことを特徴とする。また、前記立体配線基板にフィルムを張る工程を含むことを特徴とする。また、前記光ファイバ整列部をリコートする工程を含むことを特徴とする。

【0018】また、前記標準工程又は前記接続機構装着工程が不成功に終わった前記光ファイバについて、前記立体配線基板から外して新たな光ファイバを立体配線基板に配線し、これらの処理を完成させることを特徴とする。また、光相互接続装置の製造方法として、1つ以上の溝を有する立体配線基板に予備の光ファイバを配線した後に、光ファイバの端面処理と必要な場合は光ファイバ端部へ接続機構の装着を行い、これらの処理が失敗した場合に、立体配線基板に配線した予備の光ファイバを用いてこれらの処理を完成させることを特徴とする。また、前記光相互接続装置の立体配線基板の製造方法として、まず基板の型を作製し、該型を用いて立体配線基板を成形することを特徴とする。

【0019】

【発明の実施の形態】上述したような従来の光学相互接続装置の欠点は、相互接続に用いる光ファイバの全体が可撓性基板の上に密着配置されるために生じたものである。一方、本願発明では、光ファイバの経路設定機能を「立体配線部」に局所化し、その他の部分を「光ファイバ整列部」として、本来光ファイバが有する可撓性・自在性を活かして光相互接続を簡易にした点に特徴がある。

【0020】なお、前述の特許第2574611号に示されている「本体」、「タブ」は、本願明細書中の「光ファイバ整列部」、「光ファイバ立体配線部」とは異なる概念である。特許第2574611号の「本体」は、本願明細書中の「光ファイバ立体配線部」の全体と「光ファイバ整列部」の1部を一体化したような構造であり、本願明細書中の「光ファイバ交差部」と比較し大幅に大型化したものとなる。

【0021】「タブ」は「本体」の延長に過ぎず、「光ファイバ整列部」の一部の役割をタブとタブから突き出した光ファイバ先端部とが持った構造となっているが、本願明細書中の「光ファイバ整列部」のように光ファイバの先端処理不具合への対応や接続時の操作性等を考慮した構造ではない。本願明細書中の構造に「タブ」は存在せず、従って、両者の構造及び製造方法は大きく異なる。以下、図面を参照して本発明の実施の態様をより具体的に詳述する。但し、以下に開示する実施例は、本発明の単なる例示に過ぎず、本発明の範囲を何等限定するものではない。

【0022】〔実施例1〕本発明の第1の実施例に係る光相互接続装置を図1に示す。本実施例は、8×8の光ファイバを相互に接続する構造の例である。用いた光フ

ァイバは外径250μmの標準的な単一モード光ファイバUV心線である。1は立体配線基板、2～17は各々8芯のテープ状ファイバ整列部である。立体配線基板1の構造を図2に示す。立体配線基板1はPET（ポリエチレンテレフタレート）製で成形加工により作製した。大きさは縦5mm、横3mm、高さ2.5mmとした。

【0023】立体配線基板1には、深さ2mm、幅0.24mmの溝が8個形成されており、光ファイバを溝に嵌め込むように挿入し、光ファイバ両端に8芯MTコネクタを作製した後に、光ファイバを基板1に接着剤で仮固定し、その両側の光ファイバをリコートし、テープ化した。左右のテープ状ファイバ整列部2～17は、左側では縦に配列した8本の光ファイバ束でテープを形成し、右側では横に配列した8本の光ファイバ束でテープを成形している。この構造により、8×8の相互接続を実現している。

【0024】本実施例では、立体配線基板1に固定される光ファイバ長が約3mmしかないので、温度変化によりマイクロベンド発生の要因がなく、テープ部以外は曲がりを受けないため、損失増加の要因がなく、テープ状光ファイバと比較して、信頼性や特性の劣化が生じない。また、テープファイバ長が最大限に生かせるため、コネクタの挿抜作業が容易となる。更に、製造上のテープファイバ長の自由度が大きく、長さ制限を受けにくい。また、ポート内配線から構内配線まで応用範囲が広い。

【0025】〔実施例2〕本発明の第2の実施例に係る光相互接続装置の立体配線基板を図3に示す。本実施例では、実施例1の立体配線基板1と同様な機能を持つ成型PETの立体配線基板18を用いた。大きさは縦6mm、横16mm、高さ3mmである。

【0026】本実施例は、左右とも縦に配列した8本の光ファイバ束でテープを形成する構造であり、基板内に空間19を設け、この空間19の中で光ファイバを交差させる。このため光ファイバの交差部は基板18に固定されておらず、空間19内に単に配置されているだけなので、温度変化による曲がりの発生や側圧の増加が生じにくい特徴がある。

【0027】〔実施例3〕本発明の第3の実施例に係る光相互接続装置を図4に示す。本実施例は、4×4の光ファイバを相互に接続する構造の例である。用いた光ファイバは外径250μmの標準的な単一モード光ファイバUV心線である。20は立体配線基板、21～28は各々4芯のテープ状ファイバ整列部、29～44は各々の光ファイバである。立体配線基板20の大きさは縦19mm、横50mmとした。

【0028】立体配線基板20の内の光ファイバ用開口路は曲がり部の曲率半径が30mm以上で設計されており、光伝送損失増加の要因を防いでいる。光ファイバの交差は3本以上の光ファイバが1点で重ならないように、分散した構造をもつ。しかし、このような交差点の

10

20

30

40

50

分散構造は必ずしも必要でなく、3本以上の光ファイバが1点で重なっても問題は生じない。

【0029】但し、多くの光ファイバを1点で集中的に交差させるような構造は光ファイバの曲がりや歪みを生じさせる可能性が大きくなるので、好ましくない。なるべく、分散された交差が望ましい。ファイバ整列部21~28は、各々4本の光ファイバをリコーターによりテープ化したものであり、各々の光ファイバの先端はその4本ごとに先端を揃え、研磨処理済みで、多心コネクタのハウジングに装着すれば、コネクタ化できる構造となっている。

【0030】リコートは必要な部分の光ファイバを型に入れ、密着させた状態で行っているため、平面的に屈曲させた構造を目的に応じて任意に成形できる。但し、これらの屈曲部は必ずしも必要ではない。また、その長さは製造装置に依存せず、任意に設定できるので、装置間の光配線等にも多様に対応可能である。本発明による光相互接続装置の「立体配線部」と「光ファイバ整列部」とから成る構造の特徴の1つは「立体配線基板」を最小の大きさにし、「光ファイバ整列部」の有効長を限られた基板内で最大限にすることである。

【0031】従って、「立体配線基板」内には中心角の大きな屈曲部は存在せず、交差部以外の屈曲部は単に光ファイバの集合と分散を目的とするものだけである。本実施例の場合、「立体配線基板」内の交差部での光ファイバの曲げ半径は30mm以上に設計されており、その曲がり部扇形の中心角は約30度以内に抑えられている。従って、もし、中心角が90度の単純な屈曲を「立体配線基板」内に形成すると、その屈曲した光ファイバの占める基板の幅が現状の7.5倍程度になり、大きな基板が必要となる。

【0032】それとは反対に、「光ファイバ整列部」は限られたスペースに設置する場合でも最大長に設計することが可能であり、コネクタ等の端子単位で独立しているため、端面処理や接続機構取付に有利で、可撓性に富んでおり、コネクタ付け等の端面処理を失敗した場合に対処するために余裕を持った長さにしておけば、長さが多少短くなっても問題なく、補修にはそのまま対応可能である。コネクタの抜き差し等の作業性にも優れる構造である。

【0033】立体配線基板20の断面構造を図5に示す。45~60は配線基板内部の光ファイバ用開口路、61はフィルムである。立体配線基板20はPP（ポリプロピレン）製で、厚さ0.4mmの基板に深さ0.25mm、幅0.24mmの光ファイバ用開口路45~60としての溝が形成されたものである。この溝付き立体配線基板20は型を作製し、射出成形した。

【0034】これらの溝に外径250μmの光ファイバ心線を嵌め込んだが、これによって光ファイバのコア及びクラッドに応力が加わることはなく、光伝送特性は全

く変化しない。ここで、光ファイバの交差点で交差した光ファイバは立体配線基板上に盛り上がることになるが、これにより光ファイバがはずれることはなく、上からフィルムを貼り、光ファイバを固定するので問題とならない。

【0035】その後、光ファイバの端面揃えと研磨処理をした。この時点では光ファイバは立体配線基板20に嵌め込んであるだけであるので、端面処理が失敗した場合は該当する光ファイバを引き抜き、新たな光ファイバを立体配線基板20に嵌め込み、端面処理を施すことが可能である。更に、立体配線基板20として、予備の光ファイバを配線可能な構造としておき、端面処理等が失敗した場合には、立体配線基板20に予め配線された予備の光ファイバを用いてこれらの処理を完成させるようにしても良い。

【0036】このようにして、端面処理が完成した後に、立体配線基板20の表面に粘着性のPETフィルム（厚さ約50μm）を貼った。更に、その後、整列部の光ファイバをリコートした。この光相互接続装置はこの後に光ファイバ端部にコネクタを装着した。光コネクタとしては特願平7-260213に開示されている光コネクタを使用した。ここで、リコートはコネクタ装着の後であっても良い。

【0037】また、コネクタの構造によつては立体配線基板の表面に粘着性フィルムを貼る前にコネクタを装着した方が良い場合があり、その時はコネクタを完成させた後に立体配線基板にフィルムを貼り、整列部の光ファイバをリコートすることになる。この立体配線基板は厚さが約0.4mmであり、ある程度可撓性を有するため、屈曲したものに固定することは可能であるが、過度の屈曲は光学特性に悪影響を及ぼす他、信頼性の劣化にも繋がるので好ましくない。

【0038】光ファイバ整列部が可撓性を持つことは言うまでもない。従って、光ファイバ整列部の長さは、光相互接続装置を印刷配線板内のような限られた空間に適用する場合であっても、ある程度の自由度があり、光ファイバ端面処理のミスによる短尺化に対応が可能であるほか、コネクタ着脱時の取り回しが容易となる利点を有している。本光相互接続装置の光学特性を測定したが、単一モード伝送波長内での伝送損失の増加は測定誤差（0.01dB）以内であった。更に、-10~65℃の温度サイクル試験を行ったが、この場合も伝送損失の増加は測定されなかった。

【0039】温度サイクル試験により損失増加が生じないのは、光相互接続装置の構造を立体配線基板と光ファイバ整列部とに分離し、立体配線基板の大きさを最小に抑えた影響と考えられる。光ファイバ整列部の構造は従来のテープファイバ心線と同等であり、この部分が温度サイクル試験の結果に影響することはない。ここでも「光ファイバ整列部が限られた空間内で最大限長く設計

10

20

30

40

50

されている利点が生きている。

【0040】〔実施例4〕本発明の第4の実施例に係る光相互接続装置を図6に示す。本実施例は、4×4構造で立体配線基板内の光ファイバ用開口路を光ファイバ2本単位で配線する構造の例を示す。立体配線基板62の大きさは縦12mm、横40mm、厚さを0.7mmとした。

【0041】立体配線基板62の断面構造を図7に示す。立体配線基板62の光ファイバ導入用溝63～70の深さは0.5mmで、2本の光ファイバを縦に導入する構造である。交差点付近の溝には光ファイバは1本しか通らないので、交差点で2本の光ファイバが重なっても、光ファイバが基板上に盛り上がることはない。また、立体配線基板上の溝は、基板端部以外での溝幅を光ファイバ外径より多少大きくし、これらの溝の中の光ファイバが蓋となっているフィルムに粘着性のフィルムを使用せず、接着剤で基板とフィルムを固定した。

【0042】本実施例では光ファイバが両端部のみで局部的に固定されているので、内部の光ファイバ配線がルース構造となり、基板の伸縮歪みの影響は大きく緩和される。本光相互接続装置の光ファイバ端は、4芯単位で融着接続して使用するために4芯単位でリコートした光ファイバの先端を描えて切断した。本光相互接続装置に光ファイバを融着して特性を測定したが、基本特性、ヒートサイクル特性共に非常に安定していた。

【0043】本発明の実施例では8×8と4×4の場合について説明したが、配線構造がこれらに限定されるものではない。この実施例以外にも種々の構造が考えられるが、それらは本発明の範囲に包含されるものである。例えば、使用する立体配線部は1つに限定されない。光ファイバ整列部は全てが1本以上の光ファイバからなり、その本数は接続相手により決まるもので、4本または8本に限定されない。立体配線基板の材料はプラスチックに限定されず、金属、セラミック、ガラス等も適用可能である。

【0044】必ずしも立体配線基板以外の光ファイバ部分が全て整列部を形成している必要はなく、必要な部分のみ整列していれば良い。光ファイバの整列方法もリコートに限定されない。また、実施例では、単一モード光ファイバを用いた場合についてのみ取り上げたが、多モード光ファイバでも、同様な効果が期待できることは言*

*うまでもない。また、石英ガラス系以外の光ファイバでも同様な効果が期待できる。特にプラスチックファイバとプラスチック基板の相性は非常によい。

【0045】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、従来になく製造性に優れ、大がかりな製造装置を必要とせず、多品種少量生産に向き、構造の自由度が大きく、大きさ等の制限を受けにくく、可撓性に富み、光ファイバの端面処理が容易で、光ファイバの完全な可換性を持ち、着脱操作性に優れ、基本特性に優れ、信頼性にも優れる、安価な光相互接続装置が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係る光相互接続装置を示す構造図である。

【図2】本発明の実施例1に係る光相互接続装置の立体配線基板を示す構造図である。

【図3】本発明の実施例2に係る光相互接続装置の立体配線基板を示す構造図である。

【図4】本発明の実施例3に係る光相互接続装置を示す構造図である。

【図5】図4中のV-V線断面図である。

【図6】本発明の実施例4に係る光相互接続装置を示す構造図である。

【図7】図6中のVII-VII線断面図である。

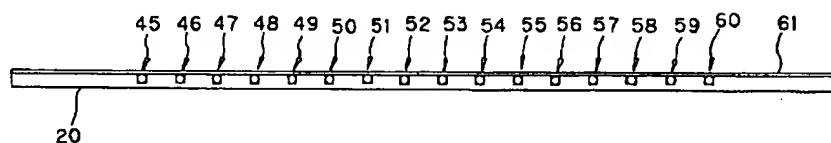
【図8】従来技術に係る光ファイバを用いた光相互接続装置を示す構造図である。

【図9】従来技術に係る光学相互接続システムを示す構造図である。

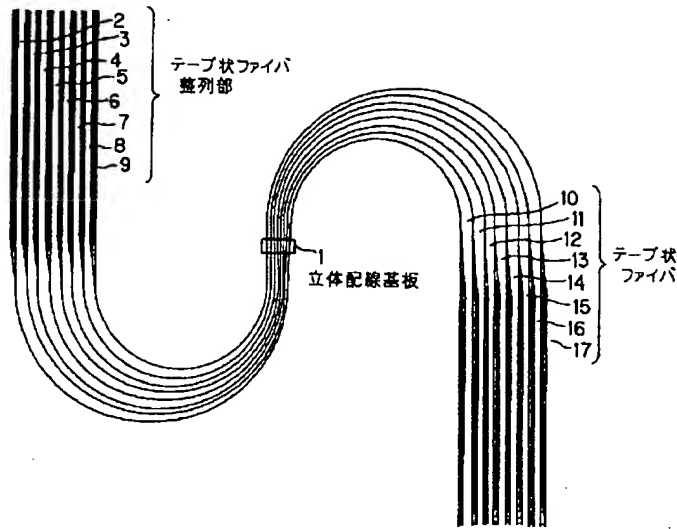
【符号の説明】

- 1 立体配線基板
- 2～17 8芯光ファイバ整列部
- 18 立体配線基板
- 19 光ファイバ交差用空間
- 20 立体配線基板
- 21～28 4芯光ファイバ整列部
- 29～44 光ファイバ
- 45～60 光ファイバ用開口路
- 61 PETフィルム
- 62 立体配線基板
- 68～70 2段形光ファイバ用開口路

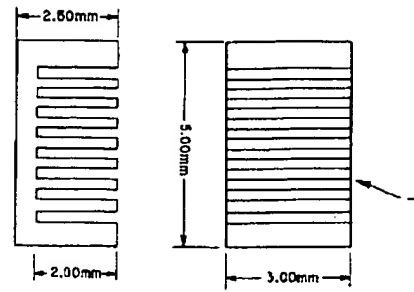
【図5】



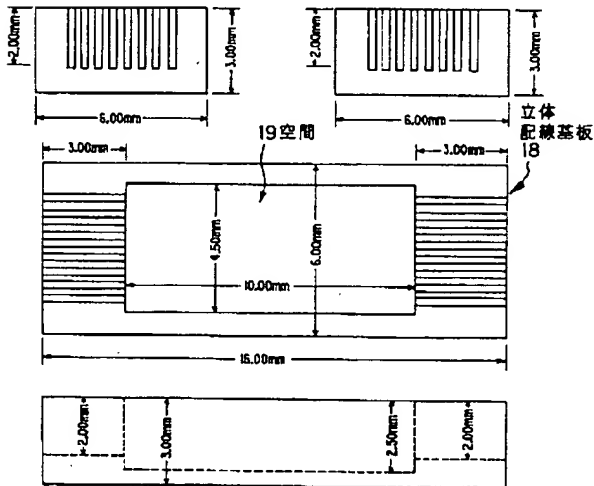
【図 1】



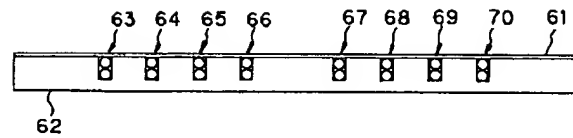
【図 2】



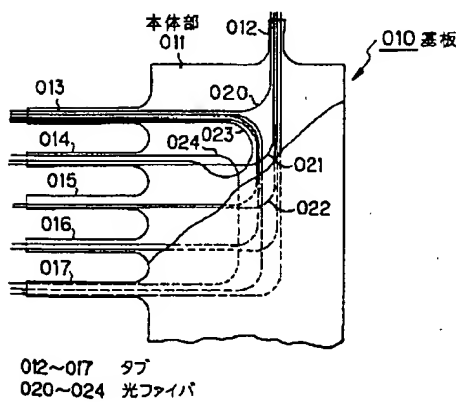
【図 3】



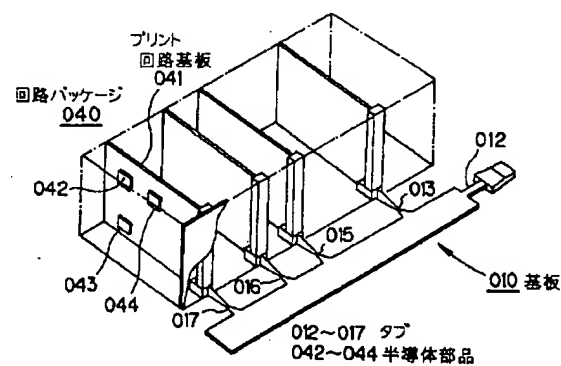
【図 7】



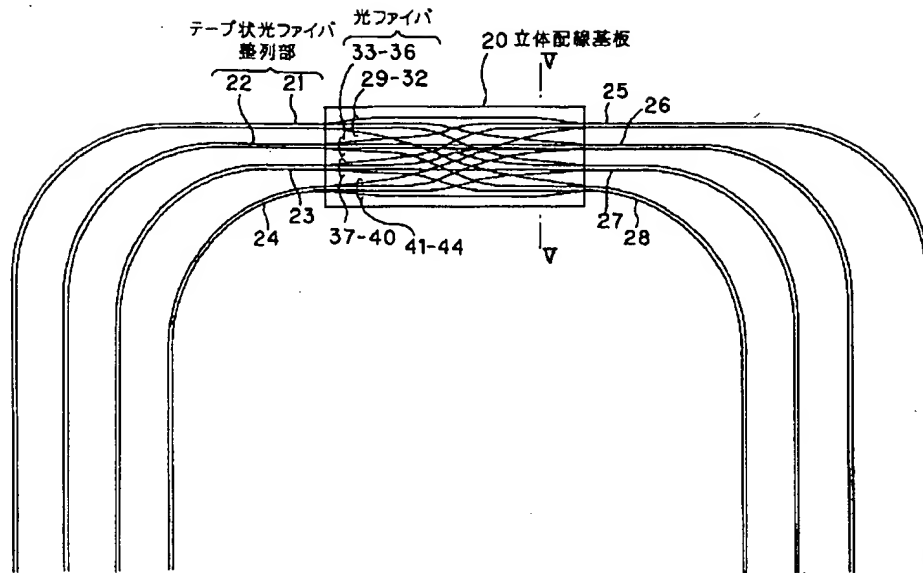
【図 8】



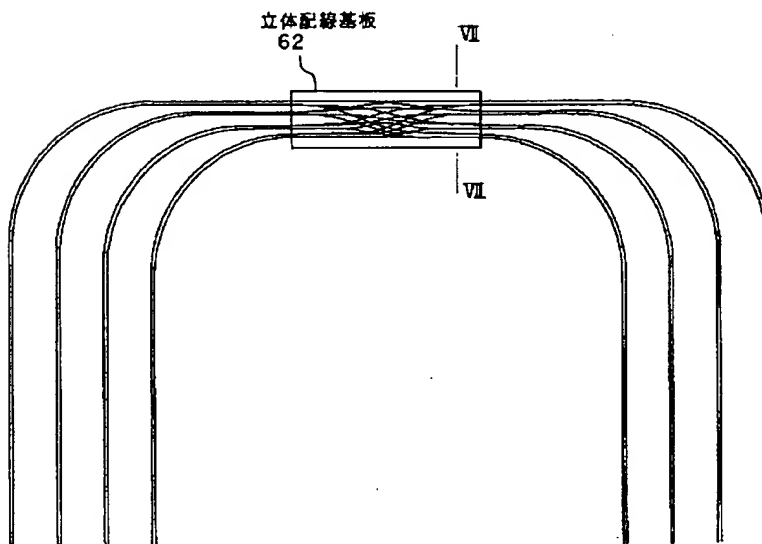
【図 9】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 勝
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 吉田 卓史
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 住田 真
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内